第36卷 第4期 昆虫学报 Vol. 36, No. 4
1993年11月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Nov., 1993

粟穗螟滞育的形成和解除与环境条件的关系*

潘学贤 程开禄 汪远宏 黄 富
(四川省农科院水稻高粱研究所，泸州 646100)

摘要 粟穗螟 *Manpava bipunctella* Ragonot 在川南地区为二化性兼性滞育的昆虫。光周期是诱发滞育的主导因素，在中位温度下，滞育与否主要取决于幼虫发育期间的每日光照时数。在25℃恒温下，临界光周期为14小时38分。幼虫对光照刺激反应的敏感期为低龄期。温度和食料效应只发生在每天14小时以上的长光照下，低温有抵销长光照抑制滞育的作用，高温影响不显著；取食玉米的幼虫滞育率比高粱的高，并随寄主生育阶段的发展而增高。该虫滞育解除必需每天14—15小时的长光照；不利于滞育发育和解除，适宜温度为10—25℃。本文最后讨论了该虫滞育形成和解除的特点对发生规律的作用及在测报上的意义。

关键词 粟穗螟 滞育 光周期 温度 寄主植物

关于粟穗螟 *Manpava bipunctella* Ragonot 的滞育问题，国内外未见研究报道。诱导滞育的生态因素和解除滞育的条件不清楚。在四川，粟穗螟为具有"兼性滞育"的昆虫，第一代幼虫的一部分个体和第二代幼虫几乎全部老熟后滞育。显然，第一代滞育个体数量的大小直接影响到第二代的发生数量，同时也涉及到越冬基数。因此，探明影响粟穗螟滞育形成及解除的生态因素对于分析种群数量变动原因及制定中长期测报办法具有重要意义。

材料及方法

1. 田间幼虫滞育率观察于1987年、1988年在本所进行。采取①室外接虫饲养观察法：在多个1米宽、10米长的水泥池内分期播种高粱，每期抽穗前分别笼罩。试虫为第一、二代幼虫。通过室内饲养得不同发生期的一、二代卵，自第一代卵始期起，每隔5天接黑头期卵粒于一笼灌浆高粱穗上。接卵后次日检查孵化数，25天检查老熟幼虫、蛹数，计算滞育率；②田间调查法：按早、中、迟熟高粱定田块，从第一代幼虫化蛹始盛期起，每隔5天采集高龄幼虫和蛹，室内饲养观察滞育率。观察期间日平均温度采用本所气象观察点记录。

2. 滞育形成的影响因素试验于1988年、1989年在本所人工气候室内进行。试虫为室内饲养繁殖的一、二代幼虫，从孵化时起置于不同光周期、温度、食料下饲养。光周期、温度试验饲以灌浆至蜡熟期高粱穗粒。定期更换新鲜食料，25天后检查滞育幼虫和蛹

本文于1990年12月收到。
* 本文承北京农业大学黄可训教授和中国科学院动物研究所郭郛研究员指导和审阅文稿。本所刘兴义、王志明同志参加部分工作。在此一并致谢。

数,计算滞育率。光照时间、温度、湿度自动控制,光源为两支 40 瓦日光灯。

3. 滞育解除的影响因素试验于 1987 年、1988 年进行。试虫为当年 8 月中旬从田间采集的第二代进入滞育的老熟幼虫。从 9 月中旬起,在人工气候室内分别进行光周期、温度试验。温度试验试虫在接受温度处理期间均在全黑暗下进行,以避免光照影响。以化蛹作为滞育解除的标志。各处理隔 5 天检查一次,共检查 90 天。记载化蛹或死亡日期、数量。

4. 滞育的持续时间观察于 1987—1989 年在室内进行。试虫为室内饲养和田间采集的不同孵化期(或发生期)的滞育幼虫。定期系统检查化蛹或死亡日期、数量,直到全部化蛹或死亡为止。

结 果 与 分 析

一、田间不同发生期幼虫的滞育率

观察结果表明,在川南地区,粟穗螟第一代幼虫发生期为 6 月中下旬至 7 月中旬,有一部分个体滞育越冬,一年只发生一代。第二代幼虫发生期为 7 月中旬至 8 月中旬,绝大部分个体滞育越冬。从表 1 看出,第一代无论发生期早迟,都有部分个体滞育,但发生期不同,滞育率有明显差异。发生期早的滞育率最低,为 10—20%,随着发生期的后延,滞育率随之提高,到末期,7 月上中旬孵化的幼虫滞育率达 40—70%。第二代发生期早的 90% 以上个体滞育,后期则全部滞育。观察期间,自然光照时数由长变短,逐渐下降,由 14 小时 55 分降到 13 小时 50 分。显然田间幼虫滞育率随着发生期的推迟而增高,乃至全部滞育,主要是受光周期的季节性变化所控制。

从表 1 还看出,年度间由于温度的变化导致第一代滞育率有明显差异。田间调查结果,由于幼虫的孵化期难严格区分,使两年间第一代滞育率差异不如室外接虫饲养观察结果显著。

表 1 田间不同发生期幼虫的滞育率 (泸州)

代别	1987 年							1988 年						
	饲养观察				田间调查			饲养观察				田间调查		
	孵化日期(月/日)	平均温度(℃)	虫数(头)	滞育率(%)	日期(月/日)	虫数(头)	滞育率(%)	孵化日期(月/日)	平均温度(℃)	虫数(头)	滞育率(%)	日期(月/日)	虫数(头)	滞育率(%)
一	6/11—15	21.4	20	20.0	7/6—10	439	9.3	——	——	——	——	——	——	——
	6/16—20	21.7	37	16.2	7/11—15	185	16.8	6/21—25	27.3	52	19.2	7/11—15	135	10.4
	6/21—25	25.7	30	6.7	7/16—20	147	18.2	6/26—30	26.7	38	7.9	7/16—20	164	15.2
	6/26—30	22.9	26	34.6	7/21—25	480	33.8	7/1—5	24.8	38	7.9	7/21—25	275	13.8
	7/1—5	22.8	36	44.4	7/26—31	125	49.6	7/6—10	25.7	35	20.0	7/26—31	115	27.8
	7/6—10	26.5	22	72.7	8/1—5	119	69.5	7/11—15	29.2	37	37.8	8/1—5	79	46.8
二	7/11—15	25.3	34	91.2	8/6—10	229	99.6	7/16—20	29.0	32	84.4	8/6—10	89	97.8
	7/16—20	25.8	12	91.7	8/11—15	261	99.3	7/21—25	29.2	61	91.8	8/11—15	564	93.8
	7/21—25	26.7	83	100	8/16—20	305	100	7/26—31	26.1	85	94.1	8/16—20	462	96.8
	7/26—31	25.8	63	100	——	——	——	8/1—5	27.6	72	100	8/21—25	558	99.6

二、环境条件对滞育形成的影响

1. 光周期：（1）光照时数对滞育的影响：在 25℃恒温下，每天分别给予不同光照时数处理。表 2 和图 1 显示，在中位温度下，滞育的发生及其百分率的高低决定于每天光照时数。每天光照 0—14 小时，幼虫老熟后全部滞育，当每天光照延至 15 小时，滞育率骤然降低到 20% 左右，延至 16 小时，降到最低水平，为 5% 左右。但随着光照时数的继续延长，滞育率又逐渐增高，每天全光照，滞育率在 70% 以上。图 1 显示，在 25℃下，导致 50% 个体滞育的临界光周期为 14 小时 38 分。

表 2 光周期对粟穗螟滞育形成的影响 （泸州，1988 年）

光照时数（小时/天）	0	8	10	12	13	14	15	16	18	20	24
观察虫数（头）	95	44	55	63	56	52	45	47	34	71	77
滞育虫数（头）	95	44	55	63	56	52	10	2	11	25	56
滞育率（%）	100	100	100	100	100	100	22.0	4.3	32.3	35.2	72.7

表 3 粟穗螟幼虫感光期与滞育率的关系* （泸州）

处理	光周期处理					观察虫数（头）	滞育虫数（头）	滞育率（%）
	1 龄(3 天)**	2 龄(3 天)	3 龄(3 天)	4 龄(3 天)	5 龄(5 天)			
1	———	--------	--------	--------	--------	42	27	69.2
2	--------	———	--------	--------	--------	54	36	66.7
3	--------	--------	———	--------	--------	34	8	23.5
4	--------	--------	--------	———	--------	41	4	9.8
5	--------	--------	--------	--------	———	35	1	3.1
6	———	———	--------	--------	--------	53	42	79.2
7	———	———	———	--------	--------	42	41	97.6
8	———	———	———	———	--------	55	55	100
9	———	———	———	———	———	56	56	100
10	--------	———	———	———	———	50	42	84.0
11	--------	--------	———	———	———	49	23	46.9
12	--------	--------	--------	———	———	41	9	22.0
13	--------	--------	--------	--------	--------	64	2	3.1

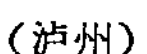
* ———表示短光照（10 小时/天），--------表示长光照（16 小时/天）。
** “( )”括号内为按幼虫龄期而定的光周期处理时间。

上述结果表明，粟穗螟幼虫只有在较窄的光照范围内(每天 16 小时左右)发育时绝大多数个体才可免于滞育，而在较长或较短的光照条件下发育时，滞育率则大大增加，它既不同于长日照型昆虫，也不同于短日照型昆虫，而是这两者之间的所谓“中间型”昆虫。(2) 粟穗螟对光周期的敏感虫期：根据饲养观察的幼虫各龄历期，1—4 龄分别为 3 天，5 龄为 5 天。在 25℃恒温下，对各龄期或相连龄期分别给予长光照（16 小时/天）或短光照（10 小时/天），共计 13 种处理。表 3 结果显示：① 粟穗螟对光照反应的敏感虫期为幼虫低龄期，尤以 1—2 龄期更为显著，此时期在短光照下发育的幼虫老熟后大部分滞育；高龄期

对短光照反应则不敏感。② 相连龄期连续接受短光照处理，其滞育率随龄数的增加而提高，表明光周期刺激有累积作用。③ 幼虫前期接受短光照处理后，在发育后期即使再处于回避滞育的长光照下，也不能消除短光照对滞育的诱导作用，表明光周期诱发滞育具有不可逆性。

2. 温度：据 1987 年试验测定，粟穗螟幼虫发育的适宜温度为 20—30℃。本试验设在不同光照条件下，各以 20℃、25℃、30℃温度处理。由表 4 看出，温度效应是从属于光周期的，它只发生在一定的光周期范围内。在每天 12—14 小时的短光照条件下，温度效应不明显，不同温度处理的幼虫几乎全部滞育；在每天 15—16 小时长光照下，20℃处理的幼虫滞育率明显高于 25℃和 30℃处理，表明低温有抵销长光照抑制滞育的作用，而在高适温区（25—30℃），温度的变化对滞育率影响则不明显。

表 4 温度对粟穗螟滞育形成的影响


（泸州）

光照（小时/天）	12			14			15			16			18		
温度（℃） \ 项目	观察虫数（头）	滞育虫数（头）	滞育率（%）	观察虫数（头）	滞育虫数（头）	滞育率（%）	观察虫数（头）	滞育虫数（头）	滞育率（%）	观察虫数（头）	滞育虫数（头）	滞育率（%）	观察虫数（头）	滞育虫数（头）	滞育率（%）
20	42	42	100	48	48	100	44	44	100	11	5	45.5	32	17	53.1
25	48	48	100	43	43	100	54	12	22.0	64	4	6.3	34	11	32.3
30	31	31	100	39	37	94.9	67	14	20.9	56	2	3.6	35	12	34.3

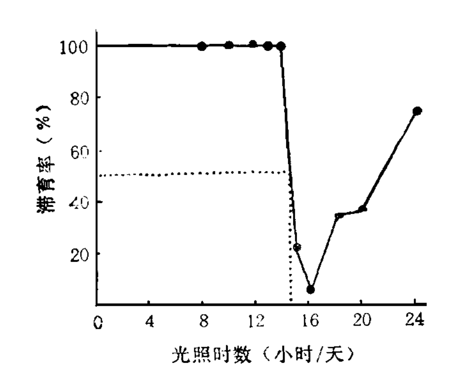


图 1 光周期对粟穗螟滞育的影响

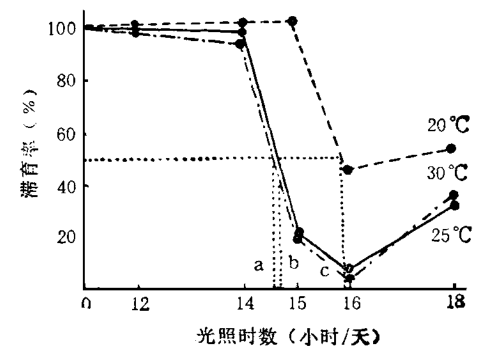


图 2 温度对临界光周期的影响
a 为 30℃临界光周期 b 为 25℃临界光周期
c 为 20℃临界光周期

……与横坐标交点为临界光周期

从图 2 看出，温度对临界光周期有明显影响。温度降低，临界光周期明显增长，温度提高，临界光周期有所缩短。25℃下临界光周期为 14 小时 38 分，降到 20℃，临界光周期延长到 15 小时 54 分，升高到 30℃，临界光周期缩短为 14 小时 30 分。

4. 食料：在 25℃恒温和不同光照条件下，分别以不同食料处理。结果显示(表 5)，在短光照下，不同食料处理的幼虫几乎全部滞育，说明食料效应不明显。在长光照下，食料

表 5　食料对粟穗螟滞育形成的影响　　（泸州）

食料	光照 15（小时/天）			光照 13.5（小时/天）		
	观察虫数（头）	滞育虫数（头）	滞育率（%）	观察虫数（头）	滞育虫数（头）	滞育率（%）
玉米雄花至乳熟穗粒	30	4	25.1	36	36	100
高粱扬花至乳熟穗粒	40	2	5.0	36	35	97.2
高粱灌浆至蜡熟穗粒	50	11	22.0	57	56	98.2
高粱蜡熟至黄熟穗粒	39	14	35.9	50	50	100

效应相当明显。表现在寄主植物不同，取食玉米的幼虫滞育率比取食高粱的高；同一寄主植物，随着寄主生育阶段的发展，即随着食料的老化滞育率随之增高。上述结果表明，同温度一样，食料效应亦是从属于光周期的，它只发生在一定的光周期内。

三、环境条件对滞育发育及解除的影响

1. 光周期：1987 年试验在 25℃下，分别给予长、短光照处理，1988 年试虫先在 15℃恒温、全黑暗下处理 60 天后移入 25℃恒温、不同光照条件下观察。从表 6 看出，在中位温度下，每天 12 小时的光照粟穗螟滞育幼虫不解除滞育，每天光照 14 小时，仅有少数个体解除滞育，当每天光照延至 15 小时，则有 70% 左右个体解除滞育，光照时数继续延长，滞育个体数量并不随之增加。说明在中位温度下，每天 14—15 小时的长光照是该虫滞育发育及解除的必需生态条件。导致 50% 个体滞育解除的光周期为 14 小时 33 分，接近滞育形成的临界光周期。

表 6　光周期对粟穗螟滞育发育及解除的影响　　（泸州）

光照（小时/天）	1987 年			1988 年		
	观察虫数（头）	化蛹数（头）	化蛹率（%）	观察虫数（头）	化蛹数（头）	化蛹率（%）
12	56	0	0	57	0	0
14	—	—	—	60	9	15.0
15	—	—	—	57	43	75.4
16	52	22	42.3	56	41	73.2
18	—	—	—	59	40	67.8

2. 温度：试虫经不同温度处理不同天数后，移于 25℃恒温、全黑暗（1987 年）或每天 16 小时光照（1988 年）条件下观察。从表 7 看出，1987 年试虫经温度处理后置于适温、全黑暗下，各处理的滞育解除个体数量均小，且无明显差异。1988 年试虫经温度处理后移入适温、长光照下，滞育解除个体数量成倍增加，且处理间差异显著。说明温度对粟穗螟滞育发育及解除的影响是从属于光周期的，只有在长光照下才有明显效应。

从表 7 还可看出，在长光照下，该虫的滞育发育在 5—25℃均可进行。但随着温度的降低，死亡率增加，说明 10℃以下的低温不利于其滞育发育，适宜温度为 10—25℃，在此范围内，较高的温度可促进滞育发育及解除。

四、滞育的持续时间

连续两年的观察结果表明，粟穗螟幼虫滞育持续时间在个体之间有较大差异。在室

表 7　温度对粟穗螟滞育发育及解除的影响　　　　（泸州）

处理项目			1987 年 全 黑 暗							1988 年光照(16 小时/天)						
光周期	温度(℃)	时间(天)	观察虫数(头)	化蛹虫数(头)	化蛹率(%)	平均	死亡虫数(头)	死亡率(%)	平均	观察虫数(头)	化蛹虫数(头)	化蛹率(%)	平均	死亡虫数(头)	死亡率(%)	平均
全黑暗	5	30	59	1	1.7		29	49.2		70	19	27.1		34	48.6	
		60	62	2	3.2	4.4	30	48.4	57.7	70	6	8.6	15.2	56	80.0	71.0
		90	61	5	8.2		46	75.4		70	7	10.0		59	84.3	
	10	30	61	2	3.3		12	19.7		70	21	30.0		11	15.7	
		60	57	1	1.8	4.6	18	31.6	33.9	70	24	34.3	36.7	21	30.0	22.4
		90	59	5	8.5		30	50.8		70	32	45.7		15	21.4	
	15	30	61	0	0		13	21.3		70	21	30.0		13	18.6	
		60	60	8	13.3	11.1	11	18.3	23.2	70	33	47.1	47.1	14	20.0	18.6
		90	60	12	20.0		18	30.0		70	45	64.3		12	17.1	
	25	30	58	1	1.7		13	22.4		70	28	40.0		9	12.9	
		60	57	2	3.5	3.5	16	28.0	31.4	70	31	44.3	51.0	9	12.9	13.8
		90	57	3	5.3		25	43.9		70	48	68.6		11	15.7	

内条件下，大多数个体滞育持续时间较长，从上年的 7—8 月到次年的 6 月，达 10 个月左右。这一类型的滞育解除主要受光周期和温度的影响，化蛹期集中，呈单峰型。而少部分个体出现异常变化。一种情况是滞育持续时间大大缩短，经历 1—2 个月后在冬前的 8—9 月分即恢复发育化蛹，且不同发生期的化蛹率有明显差异，发生愈早的化蛹率愈高，如 1988 年达 15% 左右。其原因可能是发生期早的滞育幼虫在长期的较高温度（25℃以上）和长光照下解除滞育所致。另一种情况是滞育持续时间延长，从上年的 7—8 月到次年的 8 月，达一年左右。甚至还有少数个体出现持久滞育，延续一年以上，直到 9 月份还存活。

讨　　论

探明粟穗螟滞育形成和解除的影响因素，在理论和实践上都有重要意义。

首先，粟穗螟的发生期与越冬幼虫滞育解除密切有关，每天 14 小时以上的光照出现期制约着越冬幼虫化蛹期。泸州地区尽管 4 月气温已达到或超过幼虫发育起点温度，但到 5 月份每天光照时数才达到 14 小时以上，致使常年越冬幼虫始蛹期推迟到 5 月下旬。当达到每天 14 小时以上的光照条件后，温度的高低对盛蛹期有重要作用。如 1988 年 5 月平均气温比 1987 年同期低 2—3℃，且有两次强降温过程，使盛蛹期推迟一旬左右。在发生期测报上，必须考虑到光周期这个主要因素。应用温度预测越冬代成虫发生期时，计算有效积温应以达到每天 14 小时光照的日期为起点，以免预报偏早。

从粟穗螟对光周期的反应看，属于“中间型”昆虫，只有在较窄的光照范围内发育时（16 小时/天）绝大多数个体才可免于滞育。泸州地区粟穗螟第一代幼虫虽发生在长光照条件下，但最长不到 15 小时/天，从而导致第一代幼虫无论发生期早迟，都有部分个体滞育越冬，一年只发生一代。第二代幼虫发生期间，尽管温度适宜（25—30℃），食料充足，但由于起主导作用的光周期处于临界值以下且逐日下降，导致绝大多数个体滞育。这就决

定了泸州地区粟穗螟只能发生 1—2 代。

第一代滞育率的高低关系到第二代的种群数量乃至越冬基数。从第一代滞育率高低的影响因素看，泸州粟穗螟临界光周期出现日期在 7 月 20 日，历年第一代幼虫发生期无论早迟都在此日期以前，即处于大于临界值的长光照条件下。不同年度相同时段光周期相对稳定，温度、食料变化较大，显然年度间第一代滞育率的变化主要受温度和食料的影响。如 1987 年第一代幼虫发生期较早，多数取食玉米，气温低于中位温度（25℃），多为 21—23℃；1988 年第一代幼虫发生期推迟一旬左右，取食高粱，气温高达 27℃左右。结果第一代幼虫滞育率 1987 年为 1988 年的 1.5 倍，导致一、二代增殖倍数 1988 年为 1987 年的 8 倍，造成 1987 年为小发生年，1988 年为大发生年。虽然不能忽视其它环境因素对第二代种群数量的影响，但无疑第一代滞育率的高低是主要因素之一。因此，在第二代发生量的预测上，不但要考虑第一代的虫口密度，而且还必须考虑第一代幼虫滞育率这个重要因素。

参　考　文　献

黄可训等　1976　光周期和温度对桃小食心虫滞育的影响。昆虫学报　19(2)：149—56。

王仁赉　1979　光周期对淡色库蚊滞育越冬影响的观察。昆虫学报　22(3)：294—9。

李超等　1981　光周期与温度的联合作用对棉铃虫种群滞育的影响。昆虫知识　18(2)：58—61。

弓惠芬等　1984　光周期和温度对亚洲玉米螟滞育形成的影响。昆虫学报　27(3)：280—6。

陈沛等　1986　光周期和温度与亚洲玉米螟滞育发育关系的研究。北京农学院学报　3：1—5。

郭郛等　1979　昆虫的激素。227—60 页。科学出版社。

邹钟琳　1980　昆虫生态学。82—108 页。上海科学技术出版社。

P. C. 乌莎廷斯卡娅　1960　昆虫耐寒性原理。189—260 页。科学出版社。

Bariola L. J. 1980 Induction of diapause in the field populations of the pink bollworm in the western United States, *Environ Entomol* 9(4): 376—81.

Beck, S. D. 1980 Insect photoperiodism. London, UK, Academic Press, Ed. 2.

Dickson, R. C. 1949 Factors governing the induction of diapause in the Oriental fruit moth. *Ann. Entom. Soc. Amer.* 42(4): 511—37.

Lees, A. D 1953 Environmental factors controlling the evocation and the termination of diapause in the fruit tree spider. *Metatetranychus ulmi* Koch. *Ann. Appl. Biol.* 40: 479—86.

Mcleod, D. C. R. et al. 1963 Photoperiodic termination of diapause in an insect. *Bioll Bull.* 124(1): 84—96.

Stadebacher E. A. 1980 Fall diapause, winter mortality and spring emergence of the tobacco budworm in the delta of Mississppi. *Environ Entomol* 9(5): 553—7.

Saunders, D S 1981 Insect photoperiodism-the clock and the counter: a review. *Physiological Entomology.* 6(1): 99—116.

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON THE DIAPAUSE OF FOXTAIL MILLET WEBWORM

PAN XUE-XIAN CHENG KAI-LU WANG YUAN-HONG HUANG FU

(Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Luzhou, Sichuan 646100)

Foxtail millet webworm (*Manpava bipunctella* Ragonot) is an insect with facultative diapause. It has two generations per year in southern Sichuan. Photoperiod is the main factor in inducing diapause. The percentage of its population entering diapause is decided by photoperiod in early larval stage at medium temperature. The critical photoperiod is 14 hours and 38 minutes at 25°C constant temperature, the first and second larval instars being the sensitive stage. The influence of temperature and food on diapause depends largely on long light period. Low temperatures would inhibit the diapausing effect of long light period. High temperatures, however, had no significant effect. More larvae entered diapause feeding on corn than on sorghum. Light period between 14 and 15 hours was the main factor for diapausing larvae to revive. The influence of diapause on the population dynamics of the pest and the significance in pest forecast are discussed.

Key words foxtail millet webworm——diapause——photoperiod——temperature——hostplant